



Controle Genético da Resistência do Sorgo à Antracnose Foliar (*Colletotrichum sublineolum*)

Rodrigo Veras da Costa¹
Carlos Roberto Casela¹
Laércio Zambolim²
Fredolino Giacomini dos Santos¹
Alexandre da Silva Ferreira¹

Introdução

Dentre os problemas fitossanitários que afetam a cultura do sorgo, a antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson tem ocupado lugar de destaque como a doença mais importante da cultura no Brasil (LIMA e MENEZES, 2002; CASELA et al., 2001a; CASELA et al., 2001b; CASELA et al., 1998; GUIMARÃES et al., 1998) e em outras partes do mundo (WHARTON et al., 2001; NGUGI et al., 2000; WHARTON e JULIAN, 1996; PANDE, et al., 1994; VIZVARY e WARREN, 1982).

A doença é prevalente e economicamente mais importante quando condições ambientais quentes e úmidas coincidem com abundante precipitação (PANDE et al., 1994; VIZVARY e WARREN, 1982; PASTOR-

CORRALES e FREDERIKSEN, 1980). A doença pode desenvolver-se em qualquer época ao longo do ciclo da cultura e o patógeno pode atacar qualquer parte aérea da planta, causando queima foliar, podridão do colmo, queima da panícula e de grãos (CASELA et al., 2001a; PANDE et al., 1994; CARDWELL et al., 1989). Entretanto, a antracnose foliar é a forma mais comum e severa da doença e pode reduzir a produção de grãos e forragem em 50% ou mais, em cultivares suscetíveis, durante severas epidemias (CARDWELL et al., 1989; FERREIRA e WARREN, 1982; ALI et al., 1987; HARRIS e JOHNSON, 1967).

Atualmente, a principal estratégia de manejo da antracnose em sorgo é o emprego da resistência genética (WHARTON et al., 1996).

¹Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG. veras@cnpms.embrapa.br

²Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG.

Muitas linhagens de sorgo têm sido selecionadas visando a resistência à antracnose foliar em estudos de campo e casa de vegetação (PANDE et al., 1994; FERREIRA e WARREN, 1982). No entanto, *C. graminicola* é reconhecido por apresentar alto nível de variabilidade patogênica, o que determina rápida adaptação do patógeno aos cultivares resistentes em uso, resultando na “quebra” da resistência (LIMA e MENEZES, 2002; GUIMARÃES et al., 1999; CASELA e FREDERIKSEN, 1994; PANDE et al., 1991; CARDWELL et al., 1989; CARDWELL et al., 1987).

Recentemente, grande ênfase tem sido dada à busca por alternativas que permitam ampliar a durabilidade da resistência do sorgo à antracnose. Estratégias como a utilização de resistência dilatária, que atua reduzindo a taxa de desenvolvimento da doença (GUIMARÃES et al., 1998), a identificação de dissociação de virulência na população do patógeno (CASELA et al., 2001; CASELA et al., 1998) e a utilização de misturas de cultivares (GUIMARÃES et al., 1998) têm sido adotadas com esse propósito. Entretanto, são limitadas as informações básicas, importantes para dar suporte a essas e também a estratégias alternativas que possibilitem ampliar a durabilidade da resistência genética à antracnose em sorgo.

A variabilidade genética na população do patógeno indica a possibilidade de identificação de diferentes genes de resistência no hospedeiro (CARDWELL et al., 1989). Apesar da existência de informações a respeito da variabilidade genética da virulência e resistência neste patossistema, bem como do estabelecimento de uma série diferenciadora composta de pequeno número de linhagens (CASELA et al., 1996), pouco é conhecido sobre o controle genético da resistência neste patossistema (BOORA et al., 1998).

Este estudo tem como objetivo determinar o modo de herança genética da resistência à antracnose foliar em populações progenitoras, F_1 , F_2 e Retrocruzamento, obtidas por meio do cruzamento entre linhagens-elites do programa de melhoramento de sorgo do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – CNPMS – EMBRAPA.

Material e Métodos

Foram conduzidos ensaios em campo e em casa de vegetação, no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – CNPMS – EMBRAPA, localizado em Sete Lagoas, MG.

As linhagens e os isolados de *C. graminicola* utilizados neste estudo foram selecionados com base nos resultados obtidos em ensaios anteriores. Foram utilizados progenitores contrastantes com relação ao tipo de reação apresentado (resistência ou suscetibilidade) à antracnose foliar. Foram selecionadas três combinações de linhagens que apresentaram interação diferencial com diferentes pares isolados de *C. graminicola*, ou seja, uma linhagem caracterizada como resistente a um isolado e suscetível ao segundo, e a segunda linhagem apresentando tipo de reação inversa aos mesmos isolados (Tabela 1). Além dessas, combinações envolvendo as linhagens BR009 e SC283 e as linhagens BR009 e CMSXS210 foram selecionadas.

A análise genética da herança da resistência neste estudo foi realizada com base nos progenitores (P_1 e P_2), nas gerações F_1 , F_2 e nos retrocruzamentos (RC) entre as gerações F_1 e os pais suscetíveis. As avaliações foram do tipo qualitativa e a análise das gerações feita com base na genética mendeliana.

Tabela 1. Tipos de reação e combinações de linhagens e isolados selecionados para estudo de herança da resistência do sorgo a *C. graminicola*

Linhagens	Isolados*	Tipo de reação ¹
Combinação 1		
BR008	92.02	R
BR005	92.02	S
BR008	RB.04	S
BR005	RB.04	R
Combinação 2		
BR008	85.02	R
CMSXS210	85.02	S
BR008	84.02	S
CMSXS210	84.02	R
Combinação 3		
BR008	23.02	R
BR009	23.02	S
BR008	201.01	S
BR009	201.01	R
Combinação 4		
BR009	204.01	S
SC283	204.01	R
Combinação 5		
BR009	RB.04	R
CMSXS210	RB.04	S

¹/ R - resistente, S - suscetível*Isolados de *C. graminicola* classificados segundo a nomenclatura da micoteca do CNPMS - EMBRAPA.

Obtenção das gerações F_1 , F_2 e RC

Os cruzamentos foram realizados em campo e em casa de vegetação, para maior segurança na obtenção da quantidade de sementes F_1 necessárias para as inoculações e para a obtenção das gerações posteriores, F_2 e RC. Para isso, foram plantados, em campo, cinco blocos compostos de quatro fileiras de 5 m cada, utilizando-se os espaçamentos de 0,9 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas. Nas duas fileiras centrais de cada bloco foi semeada a linhagem macho-estéril (A) e nas duas linhas laterais, a linhagem restauradora (R). As sementes colhidas nos seis blocos constituíram os seis híbridos simples (F_1). As duas linhas das linhagens R foram semeadas com uma diferença de 15 dias entre si, para garantir a coincidência do florescimento entre as diferentes linhagens.

Antes do florescimento, todas as panículas de cada parcela foram cobertas com sacos de papel para se promover o isolamento genético dos

materiais durante os cruzamentos. Durante o florescimento, o pólen produzido pelas plantas das fileiras das linhagens R foi transferido, por meio dos saquinhos de papel, para as plantas das linhagens A.

Em casa de vegetação, as linhagens foram semeadas em vasos plásticos de 23x18x18 cm (diâmetro superior, inferior e altura, respectivamente). Foram semeadas 10 sementes por vaso, desbastando-se cinco aos 15 dias após a emergência. Para cada linhagem foram utilizados seis vasos, totalizando 30 plantas por linhagem. Os procedimentos de ensacamento e cruzamentos foram os mesmos mencionados anteriormente.

A geração F_2 foi obtida pela autofecundação de plantas F_1 . Para isso, sementes F_1 de cada cruzamento foram semeadas em vasos, em casa de vegetação. Foram utilizadas cinco plantas por vaso e seis vasos por cruzamento, totalizando 30 plantas para cada F_1 . Logo após a

emissão (antes do florescimento), todas as panículas foram cobertas com saco de papel, para se garantir o isolamento genético dos materiais e a autofecundação das plantas F_1 . As sementes colhidas constituíram a geração F_2 .

Para a obtenção dos retrocruzamentos, plantas F_1 de cada cruzamento foram cruzadas com os respectivos pais suscetíveis. No caso das combinações, nas quais foram detectadas interações diferenciais entre pares de linhagens e isolados, as plantas F_1 foram cruzadas com os dois pais, para o estudo com ambos os isolados. Com as demais combinações, foram realizados cruzamentos apenas entre os F_1 's e um dos pais suscetíveis. Foram semeados, em campo, 14 blocos compostos de quatro fileiras de cinco metros cada, utilizando-se os espaçamentos de 0,9 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas. As duas fileiras centrais de cada bloco foram constituídas por plantas F_1 , e as duas fileiras laterais, pelos respectivos pais. As duas linhas constituídas pelos progenitores foram semeadas com uma diferença de 15 dias entre si, para garantir a coincidência do florescimento entre as diferentes linhagens e os F_1 's a serem cruzados. Antes do florescimento, todas as panículas de cada parcela foram cobertas com sacos de papel, para promover o isolamento genético dos materiais durante os cruzamentos. Neste caso, foram realizados cruzamentos manuais.

Inoculação das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 e RC

Para avaliar o tipo de reação e as proporções de plantas resistentes e suscetíveis nas gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 e RC, foram realizadas inoculações em casa de vegetação. No caso das gerações P_1 , P_2 , F_1 e RC, foram semeadas 20 sementes em vasos plásticos de 23x18x18 cm (diâmetro superior, inferior e altura, respectivamente). Foram utilizados cinco vasos para cada geração e quatro sementes por vaso. Para as gerações F_2 foram utilizados 75 vasos e semeadas quatro sementes por vaso, totalizando 300 plantas F_2 . Os vasos foram acondicionados em

bancadas, em casa de vegetação, à temperatura de aproximadamente 25 - 28 °C.

Culturas monospóricas dos isolados de *C. graminicola* selecionados (Tabela 1) foram preservadas em tubos de ensaio contendo óleo mineral, até o momento das inoculações. Os isolados foram repicados de tubos de ensaio para placas de Petri contendo o meio de farinha de aveia-ágar (FAA) e tetraciclina (aveia – 60 g/L; ágar – 20 g/L; tetraciclina – 300 mg/100 mL). Após a repicagem, as placas foram mantidas em condição de luz fluorescente intermitente (12 horas) e temperatura entre 25 e 28 °C, durante 10 dias, para se obter esporulação.

O inóculo foi preparado adicionando-se 10 mL de água destilada em cada placa contendo a cultura monospórica do patógeno, o qual apresentou abundante esporulação; em seguida procedeu-se a uma raspagem superficial, com espátula, para a liberação dos esporos. As suspensões foram filtradas em duas camadas de gaze, para a eliminação de fragmentos de micélio e meio de cultura. Após a filtragem, as suspensões foram ajustadas para a concentração de 10^6 conídios/mL, utilizando-se um hemacitômetro.

As inoculações foram realizadas em plantas com 30 dias de idade – mantidas em casa de vegetação – as quais foram pulverizadas com a suspensão de conídios, com o auxílio de um pulverizador manual, inoculando-se aproximadamente 20 mL da suspensão por vaso, até o ponto de escorrimento. Após as inoculações, as plantas foram mantidas em câmara úmida escura, durante 18 horas. Após esse período, as câmaras úmidas foram abertas e as plantas colocadas em bancadas, em casa de vegetação, à temperatura em torno de 25 °C, até o momento das avaliações.

As avaliações individuais do grau de resistência ou suscetibilidade das plantas

foram realizadas 10 dias após as inoculações, utilizando-se uma escala de notas variando de 1 a 5 (CASELA e FERREIRA, 1987), conforme descrito a seguir:

1. Ausência de sintomas.
2. Presença de pequeno número de lesões alongadas sem esporulação ou de reação de hipersensibilidade (infecção leve).
3. Presença de lesões alongadas sem esporulação ou de reação de hipersensibilidade com até 20% da área foliar afetada.
4. Infecção severa com lesões esporulantes e alguma coalescência. De 21 a 40% da área foliar afetada.
5. Infecção muito severa, com lesões esporulantes e coalescidas. Mais de 40% da área foliar afetada, esporulação abundante.

As notas 1, 2, e 3 foram consideradas como indicativo de reação de resistência e as notas 4 e 5, como indicativo de reação de suscetibilidade.

Análise dos dados

Após as avaliações, foram realizadas as contagens de plantas resistentes e suscetíveis de cada geração, dos diferentes cruzamentos. Como a resistência pretendida neste estudo é do tipo vertical, normalmente governada por um ou poucos genes, a análise foi realizada com base na genética mendeliana. Foram testadas as seguintes hipóteses:

- Hipótese geral:

O caráter de resistência à antracnose é governado por genes de resistência verticais com dois alelos e com relação de dominância completa entre eles.

- Hipóteses específicas:

1. A geração F_1 apresentará apenas plantas resistentes.
2. Na geração F_2 haverá segregação, cuja relação se aproxima de três resistentes : um suscetível.
3. No RC haverá segregação na proporção de um resistente : um suscetível.

Para testar as hipóteses formuladas, foi empregado o teste estatístico qui-quadrado (X^2), a 5% de probabilidade:

$$X^2 = \sum \frac{(FO - FE)^2}{FE} ; \text{ em que:}$$

FO = Frequência observada

FE = Frequência esperada

Resultados

Na Tabela 1, são apresentados os tipos de reação, aos diferentes isolados de *C. graminicola*, das linhagens progenitoras utilizadas nos cruzamentos.

Nas gerações F_1 de todos os cruzamentos, para os respectivos isolados, todas as plantas apresentaram reação de resistência, à exceção das plantas F_1 resultantes do cruzamento BR009 x SC283, em relação ao isolado 204.01 (Tabela 2). Neste cruzamento foram observadas 31 plantas suscetíveis e nenhuma resistente.

Em F_2 , as frequências de plantas resistentes e suscetíveis ajustaram-se, pelo teste qui-quadrado (X^2), a 5% de probabilidade, à hipótese de genes verticais com dois alelos controlando a resistência no hospedeiro. Entretanto, no cruzamento BR008 x BR009, com o isolado 201.01, as frequências não se ajustaram à hipótese testada (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação das frequências observadas de plantas resistentes (R) e suscetíveis (S) nas gerações parentais, F₁, F₂ e RC, baseada na hipótese de um gene de resistência vertical e dois alelos, pelo teste estatístico qui-quadrado (χ^2)

Frequências observadas									
Isolado 92.02					Isolado 23.02				
	R	S	χ^2	P		R	S	χ^2	P
BR008	Todos	-			BR008	Todos	-		
BR005	-	Todos			BR009	-	Todos		
F ₁	Todos	-			F ₁	Todos	-		
F ₂ (3:1)	241	87	0.407*	0.523	F ₂ (3:1)	181	49	1.675*	0.195
F ₁ x BR005	24	16	1.6*	0.205	F ₁ x BR009	22	24	0.08*	0.768
Isolado RB.04					Isolado 201.01				
	R	S	χ^2	P		R	S	χ^2	P
BR008	-	Todos			BR008	-	Todos		
BR005	Todos	-			BR009	Todos	-		
F ₁	Todos	-			F ₁	Todos	-		
F ₂ (3:1)	214	79	0.602*	0.473	F ₂ (3:1)	239	30	27.51	0
F ₁ x BR008	15	21	1*	0.32	F ₁ x BR008	26	16	2.38*	0.122
Isolado 85.02					Isolado 204.01				
	R	S	χ^2	P		R	S	χ^2	P
BR008	Todos	-			BR009	-	Todos		
CMSXS210	-	Todos			SC283	Todos	-		
F ₁	Todos	-			F ₁	-	Todos		
F ₂ (3:1)	256	92	0.383*	0.535	F ₂ (3:1)	90	257	0.162*	0.687
F ₁ x CMSXS210	17	29	3.08*	0.08	F ₁ x BR009	24	17	14	0
Isolado 84.02					Isolado RB.04				
	R	S	χ^2	P		R	S	χ^2	P
BR008	-	Todos			BR009	Todos	-		
CMSXS210	Todos	-			CMSXS210	-	Todos		
F ₁	Todos	-			F ₁	Todos	-		
F ₂ (3:1)	197	76	1.173*	0.278	F ₂ (3:1)	246	76	0.335*	0.562
F ₁ x BR008	24	24	0*	1.00	F ₁ x CMSXS210	29	10	9.260	0.0023

R – resistente, S – suscetível; * - proporções se ajustam à hipótese de que o caráter resistência à antracnose é governado por um gene com dois alelos e com dominância completa.

Neste caso, do total de 269 plantas inoculadas, foram observadas apenas 30 suscetíveis, quando o esperado era de 67 plantas.

Maiores diferenças em relação à hipótese formulada neste estudo foram observadas nas inoculações de plantas obtidas a partir dos retrocruzamentos. Dos oito retrocruzamentos, dois não apresentaram segregação correspondente à hipótese formulada (Tabela 2). Nestes, o número de plantas suscetíveis observadas foi significativamente inferior aos valores esperados. No retrocruzamento

F₁(BR008 x CMSXS210) x BR008, os valores de plantas resistentes e suscetíveis observados foram iguais aos valores esperados.

As análises dos tipos de reações e das proporções de plantas resistentes e suscetíveis nas gerações parentais F₁, F₂ e RC permitem fazer inferências sobre a constituição genética das linhagens utilizadas. Como o patossistema estudado se ajusta ao modelo gene-a-gene de resistência e suscetibilidade, a análise da constituição genética do patógeno também deve ser

considerada para se analisar a constituição genética das linhagens. Neste caso, foram utilizadas as denominações Sb (*Sorghum bicolor*) para genes de resistência e Cg (*C. graminicola*) para os genes de avirulência. Os resultados das proporções de plantas resistentes e suscetíveis nas gerações F_1 , F_2 e RC, nos cruzamentos envolvendo BR008, BR005, CMSXS210 e BR009 (Tabela 2), e do tipo de reação dos isolados 92.02, RB.04, 85.02, 84.02, 23.02 e 201.02, nas mesmas linhagens (Tabela 3), podem ser explicados pela presença de um único gene dominante de resistência em cada linhagem. Esse gene recebe as seguintes denominações: Sb₁ (BR008), Sb₂ (BR005), Sb₃ (CMSXS210) e Sb₄ (BR009), considerando a constituição genética dos isolados e cruzamentos teóricos conforme as Tabelas 4 e 5.

Discussão

Os relatos da literatura acerca da herança da resistência do sorgo à antracnose foliar são escassos e apresentam variação em relação ao tipo de controle genético da resistência neste patossistema. Existem evidências de que a resistência às fases foliar e de podridão do colmo da antracnose possuem controle genético independente (CASELA et al., 1997; LEBEAU e COLEMAN, 1950).

Neste estudo, os resultados dos cruzamentos ajustaram-se à hipótese de genes verticais com dois alelos controlando a resistência do sorgo à antracnose foliar. Quanto ao tipo de relação entre os alelos, houve variação referente à dominância ou recessividade para resistência nas linhagens utilizadas. Das oito

Tabela 3. Tipo de reação de quatro linhagens de sorgo inoculadas com seis isolados de *C. graminicola*

Linhagens	Isolados*					
	92.02	RB.04	85.02	84.02	23.02	201.01
BR008	R	S	R	S	R	S
BR005	S	R	R	S	R	S
CMSXS210	S	S	S	R	R	R
BR009	S	R	S	S	S	R

R – resistente, S – suscetível

* Isolados de *C. graminicola* classificados segundo a nomenclatura da micoteca do CNPMS - EMBRAPA.

Nas gerações do cruzamento BR009 x SC283, inoculadas com Rb.04 (Tabelas 1 e 2), foi detectado um gene recessivo de resistência na linhagem SC283, denominado Sb₅, e um gene dominante de suscetibilidade na linhagem BR009.

A exemplo do que foi observado na geração F_1 , em F_2 e RC o número de plantas inoculadas entre as diferentes combinações analisadas foi variável (20 – 40 plantas) em função de diferenças no poder germinativo das sementes entre os híbridos produzidos.

combinações analisadas (pares de linhagens e isolados), apenas uma apresentou resistência recessiva. Esses resultados indicam que a resistência vertical à antracnose foliar em sorgo é controlada por genes de resistência vertical, cuja relação de dominância e recessividade da resistência varia entre as linhagens, dependendo dos isolados do patógeno, predominando a dominância completa.

Variação com relação à dominância ou recessividade da resistência, em razão da utilização de diferentes isolados de *C. graminicola*, tem sido observada por diversos autores. LeBeau e Coleman (1950), trabalhando com linhagens de sorgo variando de extrema suscetibilidade a alta resistência à antracnose, verificaram que a resistência é controlada por um gene recessivo. Resultados semelhantes foram obtidos, mais recentemente, por Boora et al. (1998), em ensaios de campo e com o emprego de marcadores moleculares RAPD. Segundo os autores, a resistência à antracnose foliar na linhagem SC328-6 é controlada por um gene recessivo, quando cruzada com a linhagem BTx623 (BR009), altamente suscetível à antracnose. Esses resultados concordam com os obtidos neste trabalho, no cruzamento BR009 x SC283, confirmando a existência de genes recessivos controlando a resistência à antracnose na linhagem SC283 e, portanto, a existência de genes dominantes de suscetibilidade na linhagem BR009 (Tabela 3). A presença de genes dominantes de suscetibilidade na BR009 pode ser um dos fatores que explicam a extrema

suscetibilidade dessa linhagem em campo e casa de vegetação.

Com base nos tipos de reação das linhagens BR008, BR005, CMSXS210 e BR009 aos seis isolados testados (Tabela 3), na hipótese de genes de resistência vertical com dois alelos, confirmada neste trabalho e no modelo gene-a-gene de resistência e suscetibilidade, foram definidos os genótipos teóricos das linhagens e dos isolados, considerando-se a presença de um gene de resistência em cada linhagem e seus correspondentes genes de avirulência nos isolados (Tabela 4). Nos isolados 92.02 e 84.03 foi detectado apenas um gene de avirulência, Cg_1 e Cg_3 , respectivamente, enquanto no isolado 23.02 foram detectados três: Cg_1 , Cg_2 e Cg_3 . Nos demais isolados foram detectados dois genes de avirulência. Essas informações possibilitaram definir os genótipos F_2 possíveis em cada cruzamento e as proporções esperadas de plantas resistentes e suscetíveis a cada isolado (Tabela 5). A proporção 3:1 entre resistentes e suscetíveis, observada para esses cruzamentos nos ensaios conduzidos, foi confirmada nessa análise teórica.

Tabela 4. Constituição genética teórica de quatro linhagens de sorgo e seis isolados de *C. graminicola* conforme tipo de reação mostrada na Tabela 4

Linhagens	Isolados		
	92.02	Rb.04	85.02
	$Cg_1\text{--}cg_2cg_2cg_3cg_3cg_4cg_4$	$cg_1cg_1Cg_2\text{--}cg_3cg_3Cg_4\text{--}$	$Cg_1\text{--}Cg_2\text{--}cg_3cg_3cg_4cg_4$
$Sb_1\text{--}sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	R	S	R
$sb_1sb_1Sb_2\text{--}sb_3sb_3sb_4sb_4$	S	R	R
$sb_1sb_1sb_2sb_2Sb_3\text{--}sb_4sb_4$	S	S	S
$sb_1sb_1sb_2sb_2sb_3sb_3Sb_4\text{--}$	S	R	S
Linhagens	Isolados		
	84.02	23.02	201.01
	$cg_1cg_1cg_2cg_2Cg_3\text{--}cg_4cg_4$	$Cg_1\text{--}Cg_2\text{--}Cg_3\text{--}cg_4cg_4$	$cg_1cg_1cg_2cg_2Cg_3\text{--}Cg_4\text{--}$
$Sb_1\text{--}sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	S	R	S
$Sb_1sb_1Sb_2\text{--}sb_3sb_3sb_4sb_4$	S	R	S
$sb_1sb_1sb_2sb_2Sb_3\text{--}sb_4sb_4$	R	R	R
$sb_1sb_1sb_2sb_2sb_3sb_3Sb_4\text{--}$	S	S	R

Sb – resistência, sb – suscetibilidade / Cg – avirulento, cg – virulento

No modelo gene-a-gene, moléculas elicitoras produzidas pelos genes de avirulência são reconhecidas por moléculas receptoras produzidas pelos genes de resistência correspondentes; a partir desse reconhecimento, dá-se o processo de resistência (FLOR, 1946). Portanto, ainda que existam vários genes de virulência, basta a presença de um gene de avirulência no patógeno para que os mecanismos de resistência na planta sejam ativados, desde que ela possua, em seu genótipo, o correspondente gene de resistência (Tabela 5).

Em outros trabalhos, a herança da resistência tem sido relatada como determinada por genes maiores com dominância parcial ou efeito aditivo (SIFUENTES e MUGHOGHO, 1992); por um gene dominante sem influência citoplasmática (REDDY e SINGH, 1993); e por um único loco com alelos múltiplos (MURTY e THOMAS, 1989; TENKOUANO e MILLER, 1993). Fontes de

resistência dilatária, herdadas como característica poligênica, também têm sido identificadas (CASELA et al., 1993).

A ausência de ajuste à hipótese formulada para a geração F_2 (BR008 x BR009, isolado 201.01) e os RC's F_1 (BR009 x SC283) x BR009 e F_1 (BR009 x CMSXS210) x CMSXS210 está, provavelmente, relacionada a possíveis falhas nas inoculações, uma vez que os desvios observados foram sempre relacionados a maior número de plantas resistentes, possivelmente escape.

Com base nos resultados deste trabalho, conclui-se que a resistência do sorgo à antracnose foliar é controlada por genes de resistência vertical, com dois alelos. A relação de dominância ou recessividade da resistência em linhagens de sorgo varia de acordo com os diferentes isolados do patógeno, embora predomine a dominância completa.

Tabela 5. Proporção teórica de plantas F_2 resistentes e suscetíveis nos cruzamentos entre as linhagens BR008, BR005, CMSXS210 e BR009 em relação a diferentes pares de isolados de *C. graminicola*

Cruzamentos (F_2)	Isolados	
	92.02	Rb.04
BR008 x BR005	$Cg_1_cg_2cg_2cg_3cg_3cg_4cg_4$	$cg_1cg_1Cg_2_cg_3cg_3Cg_4_$
$Sb_1_Sb_2_sb_3sb_3sb_4sb_4$	R (9)	R (9)
$Sb_1_sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	R (3)	S (3)
$sb_1sb_1Sb_2_sb_3sb_3sb_4sb_4$	S (3)	R (3)
$sb_1sb_1sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	S (1)	S (1)
	85.02	84.02
BR008 x CMSXS210	$Cg_1_Cg_2_cg_3cg_3cg_4cg_4$	$cg_1cg_1cg_2cg_2Cg_3_cg_4cg_4$
$Sb_1_sb_2sb_2Sb_3_sb_4sb_4$	R (9)	R (9)
$Sb_1_sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	R (3)	S (3)
$sb_1sb_1sb_2sb_2Sb_3_sb_4sb_4$	S (3)	R (3)
$sb_1sb_1sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	S (1)	S (1)
	23.02	201.01
BR008 x BR009	$Cg_1_Cg_2_Cg_3_cg_4cg_4$	$cg_1cg_1cg_2cg_2Cg_3_Cg_4_$
$Sb_1_sb_2sb_2sb_3sb_3Sb_4_$	R (9)	R (9)
$Sb_1_sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	R (3)	S (3)
$sb_1sb_1sb_2sb_2sb_3sb_3Sb_4_$	S (3)	R (3)
$sb_1sb_1sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	S (1)	S (1)
	Rb.04	
CMSXS210 x BR009	$cg_1cg_1Cg_2_cg_3cg_3Cg_4_$	-
$Sb_1sb_1sb_2sb_2Sb_3_Sb_4_$	R (9)	-
$Sb_1sb_1sb_2sb_2Sb_3_sb_4sb_4$	S (3)	-
$sb_1sb_1sb_2sb_2sb_3sb_3Sb_4_$	R (3)	-
$sb_1sb_1sb_2sb_2sb_3sb_3sb_4sb_4$	S (1)	-

R – resistentes, S – suscetíveis, Sb – resistência, Cg - avirulência

/1 – Proporção de plantas R ou S para cada combinação de F_2 e isolados

Referências Bibliográficas

- ALI, M. E. K.; WARREN, H. L.; LATIN, R. X. Relationship between anthracnose leafblight and losses in grain yield of sorghum. **Plant Disease**, v.71, p. 803 - 806, 1987.
- BOORA, K. S.; FREDERIKSEN, R.; MAGILL, C. DNA-based markers for a recessive gene conferring anthracnose resistance in sorghum. **Crop Science**, v. 38, p. 1708 -1709, 1998.
- CARDWELL, K. F.; HEPPELY, P. R.; FREDERIKSEN, R. A. Pathotypes of *Colletotrichum graminicola* and seed transmission of sorghum anthracnose. **Plant Disease**, v. 73, p. 255-257, 1989.
- CARDWELL, K. F.; KIRKPATRICK, T. L.; DALE, J. L.; HOLLIER, C.A. Reported regional outbreaks of anthracnose of sorghum in a tristate area in 1985-86. **Sorghum Newsletter**, v. 30, p. 89 - 90, 1987.
- CASELA, C. R.; SANTOS, F. G.; FERREIRA, A. S. Reaction of sorghum genotypes to the anthracnose fungus *Colletotrichum graminicola*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 197 - 200, 2001a.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; SANTOS, F. G. Differences in competitive ability among races of *Colletotrichum graminicola* in mixtures. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 217 - 219, 2001b.
- CASELA, C. R., FERREIRA, A. S.; SANTOS, F. G. Associação de virulência de *Colletotrichum graminicola* à resistência genética em sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 143 - 146, 1998.
- CASELA, C. R.; PINTO, M. F. J. A.; OLIVEIRA, E.; FERREIRA, A. S. Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): controle de doenças. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (eds.). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa – MG: Departamento de Fitopatologia, 1997, p. 1025 - 1064.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; BRANÇÃO, N. Variabilidade e estrutura de virulência em *Colletotrichum graminicola* em sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 357-361, 1996.
- CASELA, C. R.; FREDERIKSEN, R. A. Pathogenic variation in monoconidial cultures of *Colletotrichum graminicola* from a single lesion and from monoconidial subcultures. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 149-153, 1994.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; FREDERIKSEN, R. A. Evidence for dilatory resistance to anthracnose in sorghum. **Plant Disease**, v. 77, p. 908 - 911, 1993.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. Reação de genótipos de sorgo a sete patótipos de *Colletotrichum graminicola*, agente causal da antracnose. **Fitopatologia Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 60 - 62, 1987.
- FERREIRA, A. S.; WARREN, H. L. Resistance of sorghum to *Colletotrichum graminicola*. **Plant Disease**, v. 66, p. 773 - 775, 1982.
- FLOR, H. H. Genetics of pathogenicity in *Melampsora lini*. **Journal of Agricultural Research**, v. 73, p. 335 - 357, 1946.
- GUIMARÃES, F. B.; CASELA, C. R.; SANTOS, F. G.; PEREIRA, J. C. R.; FERREIRA, A. S. Avaliação da resistência de genótipos de sorgo a antracnose. **Summa Phytopathologica**, v. 25, n. 4, p. 308 - 312, 1999.
- GUIMARÃES, F. B.; CASELA, C. R.; SANTOS, F. G.; FERREIRA, A. S. Controle da antracnose do sorgo através da utilização de mistura de cultivares. **Summa Phytopathologica**, v. 24, p. 131 - 135, 1998.
- HARRIS, H. B.; JOHNSON, J. B. Sorghum anthracnose symptoms, importance and resistance. In: BIENNIAL GRAIN SORGHUM RESEARCH AND UTILIZATION CONFERENCE, 5., **Proceedings...** Grain Sorghum Producers'

Association (GSPA) and Sorghum Improvement Conference of North America, 1967. pp. 48 - 52.

LEBEAU, E. J.; COLEMAN, H. The inheritance of resistance in sorghum to leaf anthracnose. **Agronomy Journal**, v. 42, p. 33 - 34, 1950.

LIMA, M. L. F.; MENEZES, M. Estudo comparativo de isolados de *Colletotrichum graminicola* através da análise eletroforética de padrões protéicos e isoenzimáticos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 12 - 16, 2002.

MURTY, D. S.; THOMAS, M. D. Preliminary studies on the inheritance of resistance to leaf anthracnose and gray leaf spot disease of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Sorghum Newslett**, v. 31, p. 83, 1989.

NGUGI, H. K.; JULIAN, A. M.; KING, S. B.; PEACOCKE, B. J. Epidemiology of sorghum anthracnose (*Colletotrichum sublineolum*) and leaf blight (*Exserohilum turcicum*) in Kenya. **Plant Pathology**, v. 49, p. 129 - 140, 2000.

PANDE, S.; THAKUR, R. P.; KARUNAKAR, R. I.; BANDYOPADHYAY, R.; REDDY, B. V. S. Development of screening methods and identification of stable resistance to anthracnose in sorghum. **Field Crops Research**, v. 38, p. 157 - 166, 1994.

PANDE, S.; MUGHOGHO, L. K.; BANDYOPADHYAY, R.; KARUNAKAR, R. I. Variation in pathogenicity and cultural characteristics of sorghum isolates of *Colletotrichum graminicola* in India. **Plant Disease**, v. 75, p. 778 - 783, 1991.

PASTOR-CORRALES, M. A.; FREDERIKSEN, R. A. Sorghum reaction to anthracnose in the United States, Guatemala, and Brazil. **Sorghum Newsletter**, v. 22, p. 127-128, 1979.

REDDY, B. V. S.; SINGH, S. D. Breeding for resistance – Sorghum anthracnose. In: **Cereals Program Annual Report 1992**, ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 324, Índia. 1993. p. 17.

SIFUENTES, J. A.; MUGHOGO, L. K. Inheritance of resistance – Sorghum anthracnose. In: **Cereals Program, ICRISAT, 1992**. Annual Report 1992. Patancheru, A.P. 502 324, Índia, 1992.

TENKOUANO, A.; MILLER, F. R. A single locus with multiple alleles as the genetics basis of anthracnose resistance in sorghum. **Sorghum Newsletter**, v. 34, p. 45, 1993.

VIZVARY, M. A.; WARREN, H. L. Survival of *Colletotrichum graminicola* in soil. **Phytopathology**, v. 72, p. 522 - 525, 1982.

WHARTON, P. S.; JULIAN, A. M.; O'CONNELL, R. J. Ultrastructure of the infection of *Sorghum bicolor* by *Colletotrichum sublineolum*. **Phytopathology**, v. 91, p. 149 - 158, 2001.

WHARTON, P. S.; JULIAN, A. M. A cytological study of compatible and incompatible interactions between *Sorghum bicolor* and *Colletotrichum sublineolum*. **New Phytopathology**, v. 134, p. 25 - 34, 1996.

Comunicado Técnico, 162

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 Km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
E-mail: sac@cnpmis.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2008): 200 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino
Secretário-Executivo: Paulo César Magalhães
Membros: Andrea Almeida Carneiro, Carlos Roberto Casela, Cláudia T. Guimarães, Clenio Araujo, Flavia França Teixeira, Jurandir Vieira Magalhães

Expediente

Revisão de texto: Clenio Araujo
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa